

一体成形サンドイッチパネル床版を有する GFRP 検査路の開発

首都大学東京大学院 学生員 ○辻本輝司 叶珉笙 王元斌
 首都大学東京 正会員 中村一史
 日本 FRP 正会員 西田雅之

1. はじめに

近年、軽量で耐食性に優れたガラス繊維強化プラスチック（以下、GFRP とよぶ）製の検査路が適用されている。特に、GFRP の特性を活かしたトラス桁形式検査路が開発されており、使用性・安全性に問題がないことが検証されている¹⁾。本研究では、従来の組み立て式サンドイッチパネル床版より軽量で、経済的な一体成形サンドイッチパネル床版の適用を試みた。そこで、一体成形サンドイッチパネル床版を有する GFRP 検査路を対象に、NEXCO 試験法 440-2017²⁾に基づいて、設計活荷重および衝撃荷重の載荷試験など、一連の試験を実施し、その使用性および安全性を検証した。

2. 検討対象とする GFRP 検査路

図-1 に、一体成型サンドイッチパネル床版の断面図を示す。床版は、コア材、上下スキムプレート、フランジをインフュージョンの一体成形で、工場にて作製されている。図-2 に、検討対象とする GFRP 検査路を示す。検査路の形式は、トラス桁形式、桁形式の 2 種類であり、トラス形式では、床版の向きもパラメータとした。サンドイッチパネル床版を上向きに設置し、手摺部がトラス形式のもの（C 形トラス）、床版を下向きに設置し、手摺部がトラス形式になっているもの（逆 C 形トラス）と、床版を上向きに設置し、手摺部が支柱形式（C 形直手すり）の計 3 種類の GFRP 検査路を対象とした。

3. 検査路本体の静的載荷試験

3.1 試験概要

設計荷重に対するたわみを試験的に検討し、設計の妥当性、安全性、使用性を確かめる。設計条件から設計活荷重 3.5kN/m^2 、有効幅員 0.6m 、支間長 5.63m の積から計算される設計活荷重に相当する荷重を等分布荷重として載荷し、最大たわみが、たわみ制限値 $L/100$ ($=56.3\text{mm}$) 以下であることを確かめる。

3.2 試験結果と考察

図-3 に、設計活荷重載荷時のたわみ分布図を示す。支間中央部の最大変位は、C 形トラス形式で -12.22mm 、逆 C 形トラス形式で -9.32mm 、C 形直手すり形式で -54.15mm であり、すべての形式でたわみ制限値 $L/100$ を満たした。トラス形式は、直手すり形式に比べ、たわみ量が少なく、剛性が高いことがわかる。また、表-1 に、設計活荷重載荷時の最大・最小ひずみを示す。発生するひずみは、最大でも 1920×10^{-6} であり、GFRP 部材の破壊ひずみ（約 $15,000 \times 10^{-6}$ ）よりも小さく、安全であることがわかった。

4. 上段手すりの鉛直・水平方向静的載荷試験

4.1 試験概要

GFRP 検査路の手すり部にかかる荷重を想定して水平・鉛直

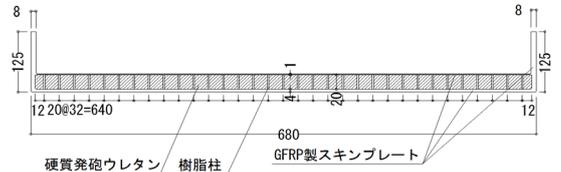


図-1 一体成形サンドイッチパネル床版の断面図

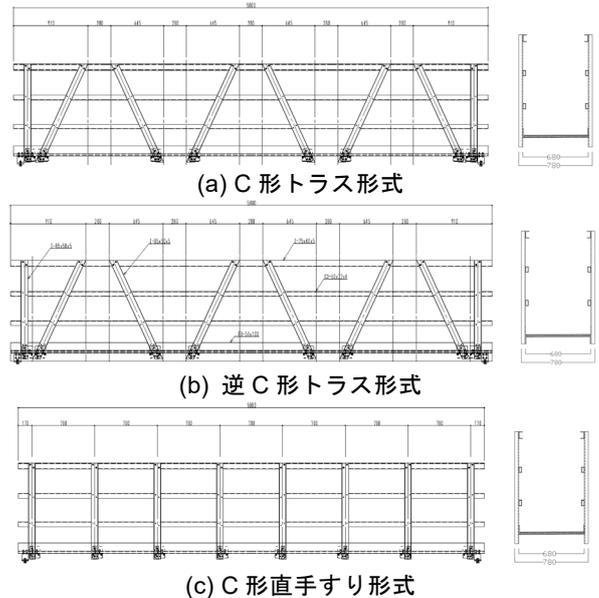


図-2 検討対象とする GFRP 検査路の一般図

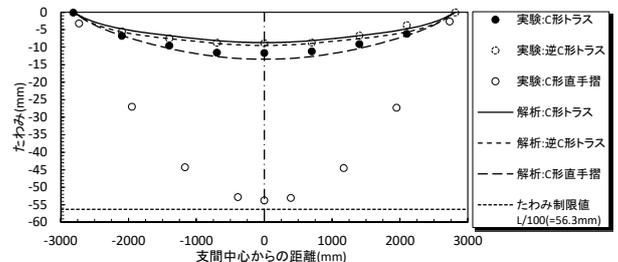


図-3 設計活荷重載荷時のたわみ分布図

表-1 設計活荷重載荷時の最大・最小ひずみ

検査路タイプ	C形トラス	逆C形トラス	C形直手すり
計測箇所	上弦材 格点部	上弦材 格点部	床版 フランジ部
ひずみ (実験)	1920	1270	-1082
ひずみ (解析)	1579	1635	-244



(a) 鉛直方向 (b) 水平方向

図-4 上段手すりの静的載荷試験の状況

キーワード GFRP 検査路, サンドイッチパネル床版, 設計活荷重, たわみ制限, 安全性, 使用性
 連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 TEL.042-677-1111 内線(4564)

方向載荷試験を行い、手すりの安全性を確かめる。図-4 に、上段手すりの静的載荷試験の状況を示す。鉛直載荷では、上段手すりの最も長い格点間を対象に、設計荷重 0.59kN/m を載荷し、水平載荷では、1つの格点部を対象に、設計荷重 0.39kN/m を載荷した。

4.2 試験結果と考察

表-2 に、手すりの静的載荷時の最大・最小ひずみを示す。手すりの鉛直荷重載荷時のひずみは 140×10^{-6} 程度であること、また、水平荷重載荷時のひずみは、 -500×10^{-6} 程度であることから、GFRP 部材の破壊ひずみよりも十分に小さいことがわかった。鉛直・水平方向の設計荷重に対して上段手すりの耐力は十分にあるといえた。

5. 検査路本体の振動特性試験

5.1 試験概要

砂のう (20kg) の中心が上弦材の中心の高さになるように引き上げ、砂のうを検査路の支間中央へ自由落下させ、ひずみゲージ式加速度計により振動計測を行った。加速度計の設置箇所は支間中央部の床版下面と上弦材の 2 箇所で行い、固有振動数を算出し、人が不快に感じる振動数の範囲 (1.5Hz~2.3Hz) でないことを確かめる。

5.2 試験結果と考察

表-3 に、GFRP 検査路の床版と上弦材の固有振動数の算定結果を示す。表より、全ての形式、部材で回避すべき値よりも固有振動数が高いことが確かめられた。

6. 検査路手すりへの衝撃載荷試験

6.1 試験概要

GFRP 製検査路は、適用の実績が少なく、材料特性としても脆性的な挙動を示すことから、検査員が上弦材と上段水平材に安全帯のフックを検査路にかけた状態で、落下する場合は想定し、点検員の体重に相当する砂のう (85kg) を落下させる試験を行い、点検員の安全性が確保できることを検証した。図-5 に、検査路手すりの衝撃載荷試験のセットアップ状況を示す。

6.2 試験結果と考察

表-4 に、手すりの衝撃載荷時の最大・最小ひずみを、図-6 に、衝撃載荷試験後の上弦材の破壊状況を示す。上弦材に対する衝撃載荷試験では、どの検査路タイプにおいても上フランジ部に破壊が生じた。特に直手摺タイプにおいては、上フランジ部の最大ひずみは破壊ひずみを超える約 21000×10^{-6} 以上となり、部分的に破壊したが、下フランジとウェブに破壊は見られなかったほか、部材の落下や接合部に破壊は見られなかった。上段水平材に対する衝撃載荷試験では、全ての検査路タイプにおいて、水平材の損傷はほとんどみられなかった。損傷は軽微であり、部材の落下などは生じなかった。以上から、手すり部の安全性が確かめられた。

7. まとめ

C 形トラスタイプ、逆 C 形トラスタイプ、C 形直手摺タイプの GFRP 検査路を対象に、使用性、安全性の検証をするため、NEXCO 試験法に基づいた GFRP 検査路の性能載荷試験を行った。その結果、一体成形サンドイッチパネル床版を有する GFRP 検査路は、十分な安全性と使用性を有しているといえた。

参考文献

- 石井佑弥, 小泉公佑, 中村一史, 古谷嘉康, 中井裕司, 西田雅之: トラス桁形式 GFRP 製橋梁用検査路の使用性と耐荷力に関する研究, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.72, No.5, pp.II_33-II_45, 2016.
- 東日本高速道路(株), 中日本高速道路(株), 西日本高速道路(株): NEXCO 試験方法, 第 4 編構造関係試験方法, 試験法 440, FRP 製及びアルミニウム合金製検査路に関する試験方法, 2017.7

表-2 手すりの静的載荷時の最大・最小ひずみ ($\times 10^{-6}$)

検査路タイプ		C形トラス	逆C形トラス	C形直手すり
鉛直方向 載荷	箇所	上弦材格点間 中央	上弦材格点間 中央	上弦材格点間 中央
	実験値	140	132	44
	解析値	141	141	50
水平方向 載荷	箇所	斜材接合部	斜材接合部	垂直材接合部
	実験値	-504	-403	290
	解析値	-407	-311	234

表-3 検査路の固有振動数 (Hz)

検査路タイプ	C形トラス	逆C形トラス	C形直手すり
床版	9.77	9.89	7.57
上弦材	10.13	7.45	7.57



図-5 手すりの衝撃載荷試験のセットアップ状況

表-4 手すりの衝撃載荷時の最大・最小ひずみ ($\times 10^{-6}$)

(a) 上弦材			
検査路タイプ	C形トラス	逆C形トラス	C形直手摺
計測箇所	上弦材 上フランジ	斜材接合部	上弦材 上フランジ
ひずみ	-3146	-1403	21000以上
(b) 上段水平材			
検査路タイプ	C形トラス	逆C形トラス	C形直手摺
計測箇所	上段水平材	上段水平材	上段水平材
ひずみ	-2416	2004	1313

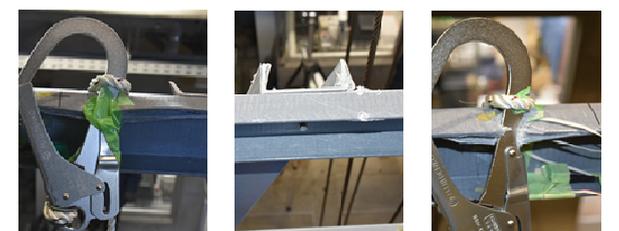


図-6 衝撃載荷試験後の上弦材の破壊状況